
EL HORNERO

REVISTA DE ORNITOLOGÍA NEOTROPICAL



Establecida en 1917
ISSN 0073-3407

Publicada por Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata
Buenos Aires, Argentina

Ñandúes, calandrias y la “creación” de la evolución

Marone, L.; López de Casenave, J.
2009

Cita: Marone, L.; López de Casenave, J. (2009) Ñandúes, calandrias y la
“creación” de la evolución. *Hornero* 024 (02) : 065-072

www.digital.bl.fcen.uba.ar

Puesto en línea por la Biblioteca Digital de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires



ÑANDÚES, CALANDRIAS Y LA “CREACIÓN” DE LA EVOLUCIÓN

LUIS MARONE^{1,2,3} Y JAVIER LOPEZ DE CASENAVE⁴

¹ Grupo de Investigación en Ecología de Comunidades de Desierto (Ecodes), IADIZA-CONICET. Casilla de Correo 507, 5500 Mendoza, Mendoza, Argentina. lmarone@mendoza-conicet.gob.ar

² Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Mendoza, Argentina.

³ Center for Advanced Studies in Ecology and Biodiversity (CASEB), Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

⁴ Grupo de Investigación en Ecología de Comunidades de Desierto (Ecodes). Depto. de Ecología, Genética y Evolución, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN.— Las ideas de cambio evolutivo y de selección natural fueron dos contribuciones extraordinarias de la ciencia del siglo XIX; Charles Darwin formalizó la primera sobre la base de algunos antecedentes notables e inventó la segunda, pero fue reticente a publicarlas en forma temprana. Ciertas afirmaciones del propio Darwin generaron la impresión de que, tras su retorno del viaje del Beagle, permaneció registrando y ordenando datos y realizando nuevas observaciones en búsqueda de una explicación (mecanismo causal) del cambio evolutivo. Ese relato podría no ajustarse a los hechos porque Darwin parece haber concebido sus ideas tempranamente, tal vez antes de 1840, aunque permaneció elaborándolas durante años. Su pretensión era publicarlas una vez que la evidencia en su favor fuera indudable. Temeroso de la opinión crítica de colegas y legos, Darwin examinó su teoría detalladamente, poniendo en evidencia sus supuestos más restrictivos y deduciendo “observaciones esperadas” en diversos escenarios, para los que con cierta frecuencia encontró contraejemplos. La demora de Darwin en publicar no se debió a que estuviera buscando la explicación; contaba con ella pero permaneció evaluando su confiabilidad. El proceso de concepción de la teoría evolutiva muestra que la creatividad es fundamental en el avance del conocimiento y, por esa razón, constituye un modelo valioso para la enseñanza de la ciencia.

PALABRAS CLAVE: Charles Darwin, creatividad, datos, enseñanza de la ciencia, evolución, hipótesis, inducción, método hipotético-deductivo, selección natural, teoría.

ABSTRACT. RHEAS, MOCKINGBIRDS, AND THE “CREATION” OF EVOLUTION.— The ideas of evolutionary change and natural selection were two extraordinary contributions of 19th-century science to culture and society. Charles Darwin formalized the first idea from some outstanding antecedents and entirely invented the second one, although he delayed the publication of both. Some of Darwin’s own comments gave rise to the impression that he deferred publication because he remained summarizing information and making new observations while searching for an explanation of evolutionary change (i.e., the causal mechanism). This story might not fit the facts, however, since Darwin appears to have conceived his theory very soon in his life, perhaps before 1840. Apparently, Darwin aspired to publish the theory only when it appeared unquestionable but when he wrote down his ideas in detail exposing its critical assumptions and deducing several “expected observations” he noted numerous drawbacks in both. Fearful of the reactions of their colleagues, he delayed publishing the theory. Darwin did not postpone publication because he was looking for the explanation of evolutionary change between 1840 and 1858; he already had the explanation and remained obsessively testing it. The process through which evolutionary theory was conceived highlights the key role of creativity in the development of human knowledge and, therefore, constitutes a valuable model to consider when teaching about “scientific discoveries”.

KEY WORDS: Charles Darwin, creativity, data, evolution, hypothesis, hypothetical-deductive method, induction, natural selection, science teaching, theory.

*"Quien no sabe lo que busca,
no entiende lo que encuentra"*

Claude Bernard

En su obra *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*¹, Charles Darwin formulaba, entre otras, dos afirmaciones sustantivas: (1) que los diversos organismos, tanto vivientes como extintos, se habían originado a partir de la modificación de ancestros comunes, y (2) que la causa de ese proceso de modificación, o al menos una de las causas principales, era la selección natural.

En la segunda mitad del siglo XIX pareció llegarse a un acuerdo amplio sobre la realidad histórica de la evolución: científicos y legos coincidían en que las especies transmutaban y que ese cambio seguía un patrón de diversificación jerárquico, en forma de "árbol"². En contraste, la idea de que la selección natural era la causa de la diversificación no tuvo demasiada aceptación inicial, estaba casi abandonada a comienzos del siglo XX y recién se restableció con fuerza a partir de 1930 tras el desarrollo de la genética mendeliana y de poblaciones^{3,4}. En la actualidad, la selección natural compite con otros mecanismos en el intento de explicar la diversificación orgánica y la especiación⁵, mientras que sigue siendo el proceso más invocado para justificar la adaptación².

El análisis del desarrollo de las ideas de evolución y de selección natural es interesante por varios motivos, entre ellos porque pone en valor un ejemplo notable de "descubrimiento científico". Historiadores de la ciencia coinciden en que Darwin tuvo alguna reticencia a exponer sus ideas y que la demora en publicarlas se debió a ciertas inseguridades o temores del propio naturalista inglés^{3,6,7} (aunque véase la opinión de van Wyhe⁸). La crítica generalizada que recibió Robert Chambers por adoptar el evolucionismo en su libro *Vestiges of the natural history of Creation*, publicado anónimamente en 1844, parece haber afectado especialmente a Darwin, para quien al menos parte de la crítica estaba justificada porque Chambers no ofrecía una elaboración convincente de la evidencia a favor de la evolución³. Además, la segura oposición de los clérigos y políticos conservadores que frecuentaban su

entorno familiar también generó cierta reserva en Darwin para dar a conocer, en particular, la afirmación de que la evolución es un proceso material que responde a causas naturales y que la historia de la especie humana es parte de ese proceso. Su referencia, en una carta a Joseph Hooker de enero de 1844, a que al reconocer que las especies no eran inmutables se sentía "como si confesara un crimen" es un ejemplo de los temores que Darwin debió enfrentar. Pero, a la hora de justificar la demora en dar a conocer sus ideas, también suele esgrimirse que Darwin, después de regresar de su experiencia como naturalista en el Beagle, estuvo buscando la causa de la evolución entre 1836 y algún momento previo a 1858. Con el objeto de "descubrir" aquella causa, Darwin habría llevado a cabo, ordenado y sistematizado una multitud de observaciones desde las cuales en cierto momento habría "emanado" la idea de selección natural. Este relato, que enfatiza el papel de ciertos procesos mentales asociados con el razonamiento inductivo⁹, fue alimentado por dichos del propio Darwin en su autobiografía^{7,10}.

Por caso, coqueteando con el ideal de ciencia de Francis Bacon, decía: "En julio [de 1837] abrí mi primer cuaderno de notas para recopilar datos en relación al *Origen de las especies*, sobre el que había reflexionado mucho, y en el que nunca cesé de trabajar en el transcurso de los siguientes veinte años (...) Trabajé basándome en auténticos principios baconianos. Sin ninguna teoría me puse a recopilar datos a gran escala (...) *Mi mente parece haberse convertido en una especie de máquina que extrae leyes generales a partir de grandes cantidades de datos*"¹⁰ (las *italicas*, como en el resto del texto, son nuestras). O también: "Nada hasta entonces me había hecho percatarme, pese a los diversos libros científicos que había leído, de que la ciencia consiste en agrupar datos para extraer de ellos leyes generales o conclusiones"¹⁰. Citas como esas (¡y otras!) suelen usarse para justificar que Darwin habría atendido la recomendación empirista de que la única manera de llegar a leyes es mediante un salto inductivo a partir de observaciones particulares¹¹. No obstante, esas descripciones podrían ser insuficientes¹² para dar cuenta de cómo ocurrieron los hechos.

La imagen (¿caricatura?) de un Darwin obsesivamente meticuloso en la observación

y registro de datos¹¹ se encuentra, a veces, en artículos de difusión de las ideas evolutivas en los que se lo muestra como un naturalista y viajero incansable, pero no como un científico original que buscaba leyes materiales¹³. La imagen romántica del naturalista contemplativo aparece con alguna frecuencia en relatos que intentan compatibilizar las ideas evolucionistas y cristianas, historias en las que Darwin es descrito respetando el texto bíblico "...habla a la tierra, y ella te enseñará"⁷. Sin embargo, esa versión contemplativa-inductivista de Darwin contrasta con otros relatos en los que se emplean argumentos tanto históricos como epistémicos para mostrarlo como un científico moderno^{3,7,14}.

Aunque en el siglo XIX el método inductivo baconiano seguía teniendo notable influencia, pudo no haber influido mayormente en Darwin. Entre los argumentos históricos a favor de esta idea hay afirmaciones del propio Darwin, como: "Me he propuesto firmemente conservar mi mente libre a fin de descartar cualquier hipótesis, por querida que fuera (*y me resulta imposible resistirme a formarlas sobre cualquier tema*), en el momento en que los hechos demuestran ser contrarios a la misma"^{7,10}. O el análisis que, acerca de la obra de Darwin, hiciera John Stuart Mill, considerado por aquel entonces el más ilustre filósofo británico: "No es razonable acusar a Darwin, como se ha hecho, de no atenerse a las reglas de la Inducción. Las reglas de la Inducción conciernen a las condiciones de la Prueba y Darwin jamás dijo que su doctrina estuviera probada. *No lo ataban las reglas de la Inducción sino las de la Hipótesis*"^{6,15}. Aunque no resulta sencillo precisar los momentos en que Darwin usó sistemáticamente el método de las hipótesis⁹, postulando conjeturas y deduciendo expectativas acerca de cómo debía ser la evidencia que las corroborara¹⁶, parece evidente que lo hizo tanto en el Beagle (e.g., para su teoría sobre la formación de los arrecifes de coral), aunque seguramente no de manera sistemática, como —y especialmente— a su regreso, mientras organizaba la estructura de su obra más difundida.

De acuerdo a este último relato, Darwin fue un científico curioso y original que observaba la naturaleza con fines esencialmente comparativos, de manera de definir con claridad sus problemas de investigación. Aunque las observaciones le "inspiraran" en parte las solucio-

nes que daba a esos problemas, esas soluciones no surgían inmediatamente de las observaciones sino que eran provistas por un acto creativo: Darwin evaluaba los antecedentes y postulaba las soluciones hipotéticas antes de ponerlas a prueba. Esta versión, hipotético-deductiva, de la gestación y establecimiento de las ideas darwinistas ofrece su propia explicación a la demora en publicarlas ("Gané mucho al retrasar la publicación desde 1839, cuando la teoría estaba ya claramente concebida, hasta 1859"¹⁰). No es que Darwin permaneciera buscando su idea; la tenía pero persistía evaluándola en distintos escenarios porque era consciente de que en ciertas ocasiones la evidencia no la apoyaba. La diferencia entre esta explicación y la que se asienta en la contemplación e inducción tiene consecuencias sutilmente influyentes en la enseñanza y comprensión de la biología evolutiva y de la ciencia en general.



Figura 1. Ilustración original del Choique (*Pterocnemia pennata*; descrita en ese entonces como *Rhea darwini*) en la lámina 47 del tomo de aves de la *Zoología del HMS Beagle*²¹, libro supervisado y editado por Darwin en donde se daban a conocer los hallazgos realizados durante el viaje del Beagle.

HIPÓTESIS Y “OBSERVACIONES ESPERADAS” EN EL MÉTODO DE DARWIN

El registro histórico aporta pruebas de que Darwin no dependió exclusivamente de la observación para crear sus conjeturas. Sin embargo, la evidencia histórica (e.g., la reconstrucción que de sus ideas hizo Darwin en su autobiografía) siempre está sujeta a controversia y, por lo tanto, debe complementarse con las pruebas que ofrece en ese mismo sentido el análisis epistemológico.

Una primera evidencia epistémica a favor de que Darwin usaba el método de las hipótesis lo ofrece la manera en que se convenció del cambio evolutivo. Sus observaciones sobre la forma en que el Choique (*Pterocnemia pennata*, Fig. 1) reemplaza geográficamente al Ñandú (*Rhea americana*) en el sur argentino lo llevaron a pensar que las especies cambian a través del tiempo y que ese cambio se refleja posteriormente en el espacio (“...me había quedado profundamente impresionado (...) por la manera en que animales estrechamente afines se sustituían mutuamente conforme se avanza hacia el sur por el Continente...”¹⁰). Posteriormente, Darwin amplió el patrón de reemplazos con sus observaciones comparativas del zorro de Malvinas (*Dusicyon australis*) y los del continente, de los edentados fósiles y las mulitas vivientes, y de las calandrias (*Nesomimus* spp.; Fig. 2) y tortugas (*Testudo* spp.) de

las islas Galápagos. Pero su mirada no era un mero acto de los sentidos; por el contrario, implicaba una interrogación y era disparada por ideas precisas que le inquietaban. Se preguntaba, por caso, por qué razón un Creador produciría distintas variantes de un mismo tipo de organismo en diferentes islas o bien variantes modernas de especies extinguidas. Aparentemente, Darwin suponía (i.e., hipotetizaba) que la creación divina no podía ser antojadiza ni errática y, por ello, no encontraba otra respuesta a su pregunta que no fuera que las especies habían variado por causas naturales a partir de un molde original. Mientras que el marco conceptual de la creación especial no incluía a la variabilidad entre sus “observaciones esperadas” (este era el nombre que Darwin daba a las predicciones), una teoría de cambios materiales guiados de alguna forma por el ambiente físico sí la preveía. Ciertas observaciones de Darwin durante su viaje estuvieron entonces dirigidas a contrastar lo que debía esperarse en la naturaleza y, por lo tanto, implicaban hipótesis en su mente⁷ (Fig. 3). En este sentido, en el Apéndice I de la autobiografía¹⁰, Francis Darwin, hijo de Charles, escribía “A menudo decía [Darwin] que era imposible ser buen observador sin ser a la vez un teórico activo. Esto me devuelve a lo que he dicho antes sobre su instinto para captar las excepciones: era como si estuviese cargado de un poder teorizador



Figura 2. Tres especies de calandrias observadas por Darwin en el archipiélago de las Galápagos durante el viaje del Beagle: *Nesomimus parvulus* (presente en la isla Isabela), *Nesomimus trifasciatus* (de la isla Floreana) y *Nesomimus melanotis* (de la isla de San Cristóbal). Originalmente fueron incluidas en el género *Orpheus* y, más tarde, en el género *Mimus*, y fueron en algún momento consideradas conespecíficas. Ilustraciones originales en las láminas 16, 17 y 18 del tomo de aves de la *Zoología del HMS Beagle*²¹.

dispuesto a fluir hacia cualquier canal a la menor alteración, de tal forma que ningún hecho, por pequeño que fuera, podía evitar liberar un torrente de teoría, y en consecuencia la importancia del hecho se magnificaba. (...) Por suerte, su riqueza de imaginación era equiparable a su poder de juzgar y condenar las ideas que se le ocurrían. Era justo con sus teorías; y nunca las condenaba a quedar desatendidas, y era por eso que estaba dispuesto a someter a examen lo que a mucha gente no le parecería merecedor de ser examinado”.

El desarrollo de la idea de selección natural como mecanismo para explicar el cambio evolutivo también ofrece evidencia a favor de que Darwin empleaba el enfoque hipotético-deductivo. El conjunto de ideas y hechos (i.e., el marco teórico) que manejaba Darwin hacia fines de la década de 1830 incluía, por ejemplo, su convicción en que el cambio evolutivo a través de las generaciones es gradual, que la Tierra es muy antigua, que es posible seleccionar artificialmente caracteres útiles en animales y plantas de granja, que el ambiente parece tener un papel en el proceso de adaptación¹⁷, el cual implicaría alguna forma de selección, y que ciertas características de los organismos son heredables. Con su experiencia de naturalista y esos supuestos en mente llegó a sus manos el ensayo de Thomas Malthus¹⁸, en el que se sugería que la población humana estaba limitada por la disponibilidad de alimento y que había una importante mortalidad asociada a esa limitación. Darwin¹⁰ relata la experiencia así: “En octubre de 1838, es decir, quince meses después del inicio de mi recogida sistemática de datos, cayó por casualidad en mis manos el *Ensayo sobre la población* de Malthus. Estando como estaba preparado para valorar la lucha por la existencia que se produce en todas partes (...) caí enseguida en la cuenta de que *bajo estas circunstancias las variaciones favorables tenderían a preservarse y las no favorables a destruirse*. El resultado sería la formación de nuevas especies. Aquí, entonces, obtuve por fin una teoría a partir de la cual trabajar. Pero ansiaba de tal modo evitar las críticas, que decidí no escribir sobre la misma durante algún tiempo, ni siquiera el más mínimo borrador”.

Darwin no pudo haber visto el cambio evolutivo ni la selección natural porque, por definición, son procesos inobservables. Por ello,

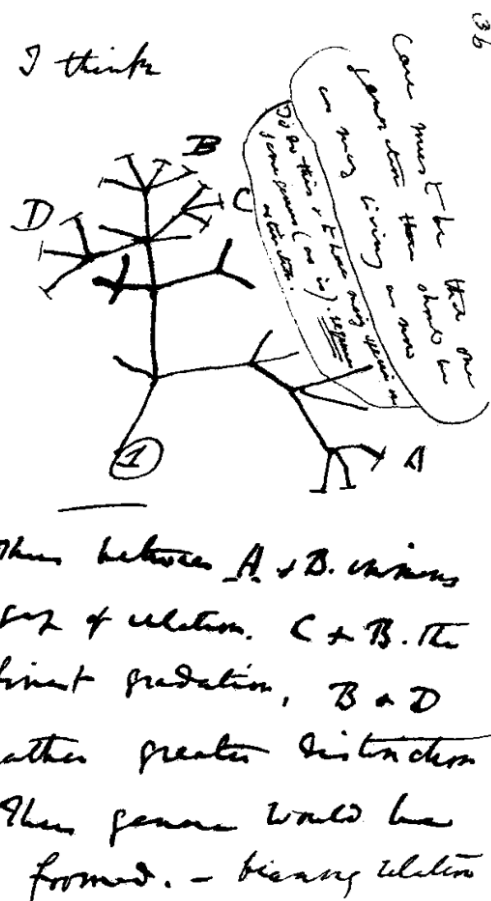


Figura 3. “Árbol evolutivo” bosquejado por Darwin en su primera “libreta de notas sobre la transmutación de las especies” (Notebook B, 1837), con el comentario “I think” (“pienso que”) añadido, arriba a la izquierda. La interpretación del texto manuscrito es la siguiente: “I think case must be that one generation should have as many living as now. To do this and to have as many species in same genus (as is) requires extinction. Thus between A+B the immense gap of relation. C+B the finest gradation, B+D rather greater distinction. Thus genera would be formed. - bearing relation”... (y sigue en la siguiente página) ...“to ancient types with several extinct forms”.

no es plausible que los haya descubierto sino que tuvo que conjeturarlos o inventarlos ciñéndose a los supuestos que daba por verdaderos¹². Al igual que la historia de Isaac Newton, la de Darwin pone de manifiesto el papel reservado a la creatividad humana en el proceso científico. Pero una vez que Darwin contó con un esbozo sólido de teoría, comenzó un prolongado esfuerzo hipotético-deductivo

orientado a hacer explícitos sus supuestos y obtener predicciones para ponerla a prueba. Con esas expectativas, revisó información existente y llevó a cabo nuevas observaciones y experimentos, encontrando tanto datos favorables para sus supuestos y predicciones como información que parecía contradecirlos. Como científico empeñado en encontrar generalizaciones amplias ("Desde mi temprana juventud he tenido un fuerte deseo de comprender o explicar lo que quiera que haya observado, es decir, de agrupar todos los hechos bajo leyes generales"¹⁰), esperaba publicar su teoría recién cuando la evidencia en su favor fuera incuestionable. Semejante deseo bien podría explicar su demora en publicarla, retraso que solo pudieron remover Alfred R. Wallace y el temor de Darwin a perder su primacía.

La prueba aparentemente más sólida a favor de que Darwin trabajaba con hipótesis *a priori* y empleaba el método hipotético-deductivo es, justamente, que era consciente de que había "datos contrarios" a su doctrina. No parece posible que existan datos contrarios si antes no hay una expectativa teórica o hipótesis. Dicho de otra forma, para un estudio puramente descriptivo no existe evidencia refutatoria. Dos instancias que podían echar por tierra la teoría por problemas en sus supuestos eran que Darwin no contaba con una idea de la herencia que explicara acabadamente el surgimiento de la variabilidad y la manera en que ésta se transmitía entre generaciones sin diluirse, y que las estimaciones de la edad de la Tierra por aquel entonces no sobrepasaban los cien millones de años, un tiempo probablemente insuficiente para el desarrollo del "árbol de la vida" por selección natural⁶. Aunque posteriormente ambas dificultades fueron sorteadas con éxito, en su momento implicaron "datos contrarios" a la teoría a los que Darwin se refirió con alguna frecuencia, por ejemplo cuando destacaba que "...durante años he seguido una regla de oro, a saber, que siempre que me topaba con una nueva observación o hecho contrario a mis resultados generales, redactaba un informe al respecto sin falta y enseguida. Porque por experiencia descubrí que tales hechos e ideas eran mucho más propensos a caer en el olvido que los favorables. Gracias a esta costumbre, surgieron pocas objeciones a mis puntos de vista que no hubiese como mínimo advertido

e intentado responder"¹⁰. También en una carta que le envió a Asa Gray en 1859 confirmaba su interés por la evidencia potencialmente refutatoria de sus ideas: "Admito que hay numerosas dificultades, pero no puedo realmente creer que una teoría falsa explique tantas clases de hechos como pienso hace esta teoría. En base a ello, creo que las dificultades actuales lentamente desaparecerán"¹⁹. En una carta a Charles Lyell de la misma época, era aún más explícito: "Supongo que soy un razonador lento porque se sorprendería por el número de años que me tomó ver con claridad cuáles eran algunos de los problemas que debían resolverse, tales como la necesidad de contar con un principio de divergencia del carácter, [una explicación para] la extinción de formas o variedades intermedias en un área continua que varía gradualmente, el problema doble de los primeros cruces estériles y los híbridos estériles, etc. Viéndolo en retrospectiva, creo que fue más difícil ver cuáles eran los problemas que resolverlos..."⁸. Es interesante destacar que la supuesta lentitud a la que hace referencia Darwin en la última carta debe adjudicarse al proceso deductivo de generación de "observaciones esperadas" para su teoría (y, con ello, a la aparición de "problemas" cuando la evidencia no las soportaba) y no al proceso creativo a través del cual Darwin inventó la idea de selección natural.

LECCIONES DEL EVOLUCIONISMO PARA LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA

Esta manera en que Darwin pudo haber llegado a sus ideas constituye un buen punto de partida para revisar la forma en que se suele enseñar ciencia en nuestras escuelas. Para llevar a cabo ese análisis, usaremos la descripción que de la generación de las ideas científicas hace un libro muy usado en las aulas argentinas, el *Manual Estrada* del 5° nivel de la escuela primaria²⁰. No pretendemos con ello que dicha obra sea la única fuente con la que se estudia el proceso creativo, pero sí que la misma es muy influyente tanto en docentes como en alumnos. Lo sustancial de la propuesta se resume en dos afirmaciones que se destacan en sendos recuadros, en las primeras páginas del manual²⁰: "Las explicaciones científicas *surgen de la observación* atenta del mundo que nos rodea", e "Indagar es conocer las cosas

a través de preguntas. El primer paso para descubrir los misterios de la naturaleza consiste en hacerse preguntas. El segundo paso es llegar a las respuestas. En muchos casos los científicos *necesitan hacer experimentos de laboratorio para llegar a las respuestas*".

Estas descripciones parecen adaptarse muy bien al enfoque contemplativo-inductivo en el que la explicación hipotética ("respuesta") surge de la observación y registro de datos, sea en la naturaleza o en el laboratorio. Pero la relación entre dato (observación) y explicación no parece estar suficientemente clara en este texto escolar. La enseñanza de Darwin implica (1) que las ideas profundas no emanan de la simple enunciación de los hechos, y (2) que las explicaciones científicas, antes de ser "probadas", han sido creadas por científicos talentosos, inquietos y curiosos. Ahora bien, la enseñanza de Darwin también implica que los datos son importantes en la investigación. Por un lado, porque forman parte del marco teórico o conceptual desde el que se inventan las hipótesis, colaborando en (y limitando) el proceso de inspiración que subyace al acto creativo. Por otro, porque una vez que el científico produjo una idea plausible, solo la evidencia empírica (i.e., nuevos datos) podrá decidir sobre su grado de verdad. No obstante, los datos —que están ciertamente presentes en cada paso de la investigación— siempre permanecen al servicio de las ideas¹².

La existencia de distintas formas de calandrias en islas con diferentes ambientes (Fig. 2) pudo haber inspirado en Darwin la idea de que esos organismos habían derivado de un ancestro común plausiblemente continental. También pudo ayudarlo a postular que sus morfologías diferentes estaban asociadas al ambiente particular en el que vivían, inspirando (con otros supuestos) la hipótesis de que cuando los recursos escasean, las probabilidades de sobrevivir y reproducirse difieren entre los individuos de una población y están asociadas, por ejemplo, a su morfología. Aunque el proceso creativo es afectado por las observaciones que realizan los investigadores, va mucho más allá de lo que describe el *Manual Estrada*²⁰. La observación es necesaria pero insuficiente para producir ideas originales sobre mecanismos causales: Darwin jamás vio que una especie transmutara en otra ni a la selección natural en acción sino que tuvo

que inferirlas a partir de evidencia indirecta. Por ello, la descripción con la que suele enseñarse el proceso científico en el aula podría no ser una buena fuente de inspiración para la actividad científica misma. En cambio, los estudiantes podrían beneficiarse sustancialmente siguiendo el ejemplo que Charles Darwin elaboró cuidadosamente a mediados del siglo XIX.

AGRADECIMIENTOS

Nuestras opiniones sobre los aspectos epistémicos e históricos de la teoría de la evolución se han visto beneficiadas por los numerosos intercambios de ideas desarrollados en el ámbito de nuestro grupo de investigación. En este sentido, nos gustaría agradecer especialmente a Sergio Camín, Rafael González del Solar, Fernando Milesi y Rodrigo Pol. Nuestro reconocimiento también a los responsables del sitio *The complete work of Charles Darwin online* (URL: <http://darwin-online.org.uk/>), dirigido por John van Wyhe, por poner a disposición de todos los interesados los documentos históricos asociados a la vida y la obra de Charles Darwin. En los últimos tiempos, nuestros estudios han sido financiados por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2196 y PICT Red 284/3) y por la Universidad de Buenos Aires (UBACyT X-120). Este trabajo es la contribución N° 69 del Grupo de Investigación en Ecología de Comunidades de Desierto (Ecodes), perteneciente al IADIZA (CONICET) y a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (Universidad de Buenos Aires).

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ¹ DARWIN C (1859) *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. John Murray, Londres
- ² FUTUYMA D (1998) *Evolutionary biology*. Tercera edición. Sinauer Associates, Sunderland
- ³ LARSON EJ (2007) *Evolución. La asombrosa historia de una teoría científica*. Editorial Sudamericana, Buenos Aires
- ⁴ KUTSCHERA U (2009) Charles Darwin's Origin of Species, directional selection, and the evolutionary sciences today. *Naturwissenschaften* 96:1247–1263
- ⁵ GRANT P Y GRANT R (2009) The secondary contact phase of allopatric speciation in Darwin's finches. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106:20141–20148
- ⁶ RUSE M (2008) *Charles Darwin*. Katz Editores, Madrid
- ⁷ ELDREDGE N (2009) *Darwin. El descubrimiento del árbol de la vida*. Katz Editores, Buenos Aires
- ⁸ VAN WYHE J (2007) Mind the gap: did Darwin avoid publishing his theory for many years? *Notes and Records of the Royal Society* 61:177–205

- ⁹ HEMPEL CG (1995) *Filosofía de la ciencia natural*. Alianza Universidad, Madrid
- ¹⁰ DARWIN C (2006) *Autobiografía*. Grupo Editorial Norma, Buenos Aires
- ¹¹ FARJI-BRENER AG Y RUGGIERO A (2010) ¿Impulsividad o paciencia? Qué estimula y qué selecciona el sistema científico argentino. *Ecología Austral* 20:307–314
- ¹² BUNGE M (1996) *Intuición y razón*. Editorial Sudamericana, Buenos Aires
- ¹³ TORRES JM (2009) La evolución y sus cuatro teorías. *Diario Los Andes*, Mendoza, 21 de febrero
- ¹⁴ GHISELIN MT (1969) *The triumph of the Darwinian method*. University of California Press, Los Angeles
- ¹⁵ MILL JS (1872) *A system of logic ratiocinative and inductive being a connected view of the principles of evidence and the methods of scientific investigation*. Octava edición. Longmans, Green, Reader and Dyer, Londres
- ¹⁶ CHALMERS A (2000) *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Siglo Veintiuno de Argentina Editores, Buenos Aires
- ¹⁷ LAMARCK JB (1809) *Philosophie zoologique, ou exposition des considérations relatives à l'histoire naturelle des animaux, à la diversité de leur organisation et des facultés qu'ils en obtiennent; aux causes physiques qui maintiennent en eux la vie et donnent lieu aux mouvemens qu'ils exécutent; enfin, à celles qui produisent, les unes le sentiment, et les autres l'intelligence de ceux qui en sont doués*. Dentu, París
- ¹⁸ MALTHUS TR (1826) *An essay on the principle of population. Or a view of its past and present effects on human happiness; with an inquiry into our prospects respecting the future removal or mitigation of the evils which it occasions*. Sexta edición. John Murray, Londres
- ¹⁹ COSTA JT (2009) The Darwinian revelation: tracing the origin and evolution of an idea. *BioScience* 59:886–894
- ²⁰ EDITORIAL ESTRADA (2008) *Manual Estrada. Ciencias Naturales. Saber hacer. Cuaderno de procedimientos*. Editorial Estrada, Buenos Aires
- ²¹ GOULD J (1841) *The zoology of the voyage of H. M. S. Beagle, under the command of Captain Fitzroy, R. N., during the years 1832 to 1836. Part III. Birds*. Smith, Elder and Co., Londres